第15講　熱化学②

3　熱化学の計算

(2)　反応エンタルピーの求め方②(ヘスの法則)

ヘスの法則(化学変化に伴うエンタルピー変化の総和は，反応経路によらず一定である)を利用して，測定不可能な反応エンタルピーを計算により求めていく。

例題　二酸化炭素の生成エンタルピーは－394kJ/mol，水(液体)の生成エンタルピーは－286kJ/mol，プロパンの燃焼エンタルピーは－2222kJ/molであるとき，プロパンの生成エンタルピーはいくらか。　**解：**－104kJ/mol

(i)　**H式から求める**

(ii)　**エンタルピー図(以下，本講座ではH図)から求める**

H図を書くときのポイント

①　エネルギーレベルを暗記し，固定させる。

②　反応エンタルピーの定義に従い矢印(↑・↓)を入れる

(iii)　**公式から求める**

ⓐ　生成エンタルピー＋仲間はずれ(反応エンタルピーQkJ/mol)　のとき

仲間はずれのH式を書き，以下の公式に数値を代入する。

Q＝(右辺の生成エンタルピーの和)－(左辺の生成エンタルピーの和)

ⓑ　燃焼エンタルピー＋仲間はずれ(反応エンタルピーQkJ/mol)　のとき

仲間はずれのH式を書き，以下の公式に数値を代入する。

Q＝(左辺の燃焼エンタルピーの和)－(右辺の燃焼エンタルピーの和)

例題　一酸化炭素，水素の燃焼エンタルピーがそれぞれ－283 kJ/mol，－286 kJ/mol，一酸化炭素と水素からメタノール1 molを合成するときの反応エンタルピーが－93 kJ/molのとき，メタノールの燃焼エンタルピーはいくらか。　**解：－762 kJ/mol**

ⓒ　結合エネルギー＋仲間はずれ（反応エンタルピーQ kJ/mol）　のとき
仲間はずれのH式を書き，以下の公式に数値を代入する。

Q＝（左辺の結合エネルギーの和）－（右辺の結合エネルギーの和）

例題　H－H，N－H，N≡Nの結合エネルギーがそれぞれ436 kJ/mol，390 kJ/mol，942 kJ/molであるとき，アンモニアの生成エンタルピーはいくらか。　**解：－45 kJ/mol**

第15講　演習問題

2　イオン結晶1molを分解して，それを構成するイオンの気体にするのに必要なエネルギーを格子エネルギーという。しかし，格子エネルギーを直接測定することは困難なので，ヘスの法則を用いて間接的に求められることが多い。以下の表の数値を使い，NaCl(固)の格子エネルギーQ(kJ/mol)を求めよ。

化学反応式		反応エンタルピー・エネルギー
Na(固) ⟶ Na(気)	… ①	昇華エンタルピー　89kJ/mol
Na(気) ⟶ Na^+(気) ＋ e^-	… ②	イオン化エネルギー　496kJ/mol
Cl_2(気) ⟶ 2Cl(気)	… ③	結合エネルギー　244kJ/mol
Cl(気) ＋ e^- ⟶ Cl^-(気)	… ④	電子親和力　349kJ/mol
Na(固) ＋ $\frac{1}{2}Cl_2$(気) ⟶ NaCl(固)	… ⑤	生成エンタルピー　−413kJ/mol
NaCl(固) ⟶ Na^+(気) ＋ Cl^-(気)	… ⑥	格子エネルギー　QkJ/mol

3

〔Ⅰ〕 ステアリン酸，グリセリン，およびグルコースの燃焼反応は，それぞれつぎの化学反応式とエンタルピー変化ΔHで表される。これらをもとに，油脂と糖の燃焼エンタルピーを比較した。下の問いに答えよ。ただし，各元素の原子量は，H＝1，C＝12，O＝16とする。

ステアリン酸　$C_{17}H_{35}COOH + 26O_2 \longrightarrow 18CO_2 + 18H_2O \quad \Delta H = -10500\,\mathrm{kJ}$

グリセリン　$HOCH_2CH(OH)CH_2OH + \frac{7}{2}O_2 \longrightarrow 3CO_2 + 4H_2O \quad \Delta H = -1700\,\mathrm{kJ}$

グルコース　$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \longrightarrow 6CO_2 + 6H_2O \quad \Delta H = -2800\,\mathrm{kJ}$

問 i　ある油脂1.00molを加水分解したところステアリン酸とグリセリンのみ得られ，300kJの熱が発生した。この油脂の燃焼エンタルピーは何kJ/molか。解答は有効数字3桁目を四捨五入して示せ。

問 ii　マルトースはグルコース2分子が脱水縮合した二糖である。マルトース1.00molをグルコースに加水分解したところ，100kJの熱が発生した。問 i の油脂57.0gを燃焼して得られるのと同じ熱量を得るには，マルトースを何g燃焼する必要があるか。解答は有効数字3桁目を四捨五入して示せ。

第15講　確認テスト

1　硫酸による分子内脱水反応によりエタノールから気体が発生した。この気体の燃焼エンタルピーが－1411 kJ/mol，エタノールの燃焼エンタルピーが－1368 kJ/molであるとき，この脱水反応の反応エンタルピーは何kJ/molか。

㋐　－727　　㋑　－43　　㋒　43　　㋓　727

2　0℃，1.013×10^5 Paで11.2 LのプロパンC_3H_8を25℃，1気圧で完全燃焼させたところa kJの発熱量があった。H_2OとCO_2の生成エンタルピーをそれぞれb kJ/mol，c kJ/molとするとプロパンの生成エンタルピーはいくらになるか。ただし，炭素Cは黒鉛，H_2Oは液体とする。

㋐　$-(c+2a-4b)$　　㋑　$2a+4b+3c$　　㋒　$4b-3c+a$　　㋓　$2a-4b-3c$

〈Note〉

第15講　演習問題

2

$Q = 771$

3

〔Ⅰ〕 問ⅰ　-3.4×10^4 kJ/mol

問ⅱ　1.3×10^2 g

第15講　確認テスト

1　ウ

【解説】

エタノールの分子内脱水反応の反応エンタルピーをQ(kJ/mol)とすると，

$$Q = -1368 - (-1411)$$
$$= \boxed{43} \text{ kJ/mol}$$

2　イ

【解説】

プロパン0.5 molを燃焼させたときの熱量がa(kJ)であったことから，プロパンの燃焼エンタルピーは$-2a$(kJ/mol)となる。

プロパンの生成エンタルピーをQ(kJ/mol)とすると，

$$-2a = (3c + 4b) - Q$$
$$Q = \boxed{2a + 4b + 3c} \text{ (kJ/mol)}$$